

ИННОВАЦИОННЫЙ ТРАНСПОРТ

I N N O T R A N S

№ 3 (45)

сентябрь 2022



**Сооружение земляного полотна железных дорог
в сложных инженерно-геологических условиях
с использованием геоячеек «ПРУДОН-494»**

С. 38

Екатеринбург —
главный сухой порт
России

Рельсовый каркас
как основа для развития
агломераций

Анализ работы устройств
компенсации натяжения
проводов контактной подвески



**Андрей Александрович
Зайцев**

Andrey A. Zaitsev



**Игорь Александрович
Артюшенко**

Igor A. Artyushenko

Сооружение земляного полотна железных дорог в сложных инженерно-геологических условиях с использованием геоячеек «ПРУДОН-494»

Construction of the railway roadbed in complicated engineering and geological environment using «PRUDON-494» geocells

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы сооружения земляного полотна железных дорог в сложных инженерно-геологических условиях с использованием геоячеек «ПРУДОН-494». Для обеспечения стабильности и устойчивости грунтового основания сооружения на участках Северного широтного хода новой железнодорожной линии Обская — Салехард авторами предложено решение провести усиление грунтов основания вертикальными столбами из щебня в совокупности с гибким ростверком, в основе которого лежат геоячейки «ПРУДОН-494».

Ключевые слова: земляное полотно, криолитозона, железная дорога, геоячейки, транспорт, ПРУДОН-494.

Abstract

The article deals with the construction of the railway roadbed in complicated engineering and geological environment using the PRUDON-494 geocells. In order to ensure stability and sustainability of the soil base of the structure on sections of the Northern latitudinal course of the new railway line Ob – Salekhard, the authors proposed to strengthen the soil base with vertical columns of crushed stone mixed with flexible grillage, based on the “PRUDON-494” geocells.

Keywords: roadbed, cryolithozone, railway, geocells, transport, PRUDON-494.

Авторы Authors

Андрей Александрович Зайцев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)), Москва | Игорь Александрович Артюшенко, канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование и строительство железных дорог» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)), Москва

Andrey A. Zaitsev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of “Railway Track and Track Facilities” Department of the Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Moscow | Igor A. Artyushenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of “Design and Construction of Railways” Department of the Russian University of Transport (RUT (MIIT)), Moscow

С 2019 года Русское географическое общество исследует местность в районе полярного круга для определения маршрута новой железнодорожной линии по территории Ямало-Ненецкого автономного округа и Красноярского края. Необходимость строительства дороги объясняется экономическими и геополитическими причинами. Создание транспортного коридора должно облегчить освоение северных территорий, богатых полезными ископаемыми [1].

История масштабного проекта начиналась с экспедиции, целью которой было изучение старого проекта более детально, с перспективой возрождения его для нашей страны, для освоения Сибири.

По результатам экспедиции Русского географического общества и Российского университета транспорта по проекту «Трансполярная магистраль» определены характеристики некоторых из наименований слабых грунтов, присутствующих на обширном участке от Уренгоя и Красноселькупы (ЯНАО) и Турханска, Игарки, а также в районе Норильского промышленного района. На рис. 1 показан этап установки скважины геотемпературного мониторинга в ходе экспедиции «Трансполярная магистраль».

Одним из технических решений для стабилизации земляного полотна на этих участках является усиление основания сваями из щебня (в том числе из отходов металлургических производств) с применением объемных геоячеек «ПРУДОН-494» в конструкции гибкого ростверка в верхней части конструкции (рис. 2) [2, 3].

Стабильность и устойчивость земляного полотна в местах распространения слабых грунтов должны быть обеспечены в течение всего срока эксплуатации, начиная со стадии проектирования и геологических изысканий, в ходе которых появляются данные о физико-механических процессах, происходящих в грунтах.

Одной из особенностей слабых грунтов, в т.ч. связных грунтов, яв-



Рис. 1. Установка скважины геотемпературного мониторинга состояния грунтов основания в ходе экспедиции «Трансполярная магистраль»

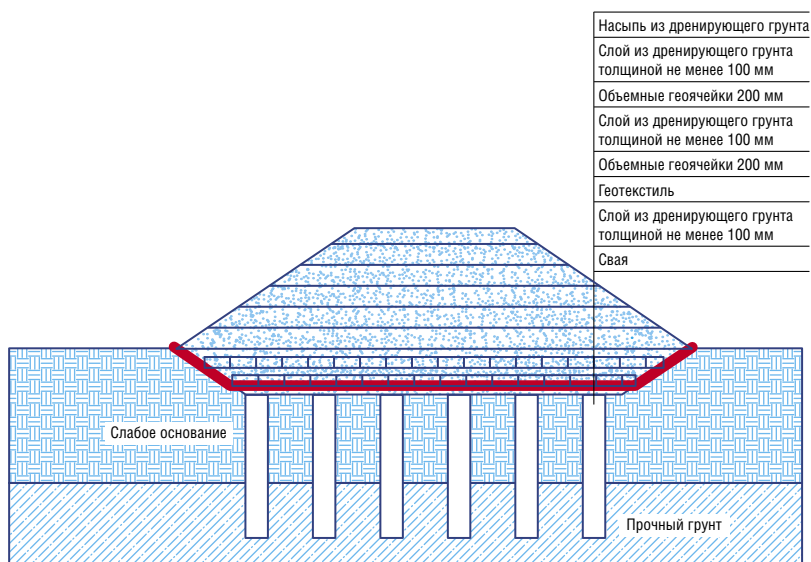


Рис. 2. Вариант устройства насыпи на слабом основании с укладкой гибкого ростверка из объемных геоячеек «ПРУДОН-494»

ляется прочность на сдвиг менее 0,075 МПа или модуль осадки более 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа).

В зависимости от состава и состояния слабые грунты различаются по содержанию органических веществ (органические, органо-минеральные, минеральные). Данные группы грунтов включают в себя грунты, различающиеся по особенностям состава и состояния. Так, органические грунты включают грунты,

различающиеся по зольности. Органо-минеральные — по содержанию органических веществ и минеральной части, минеральные различаются по особенностям состояния (плотность и влажность).

Вертикальные столбы из щебня используются при строительстве железных и автомобильных дорог, мостов, котлованов, для укрепления береговой линии водоемов и намывных территорий, усиления аварийных оснований фундаментов зданий

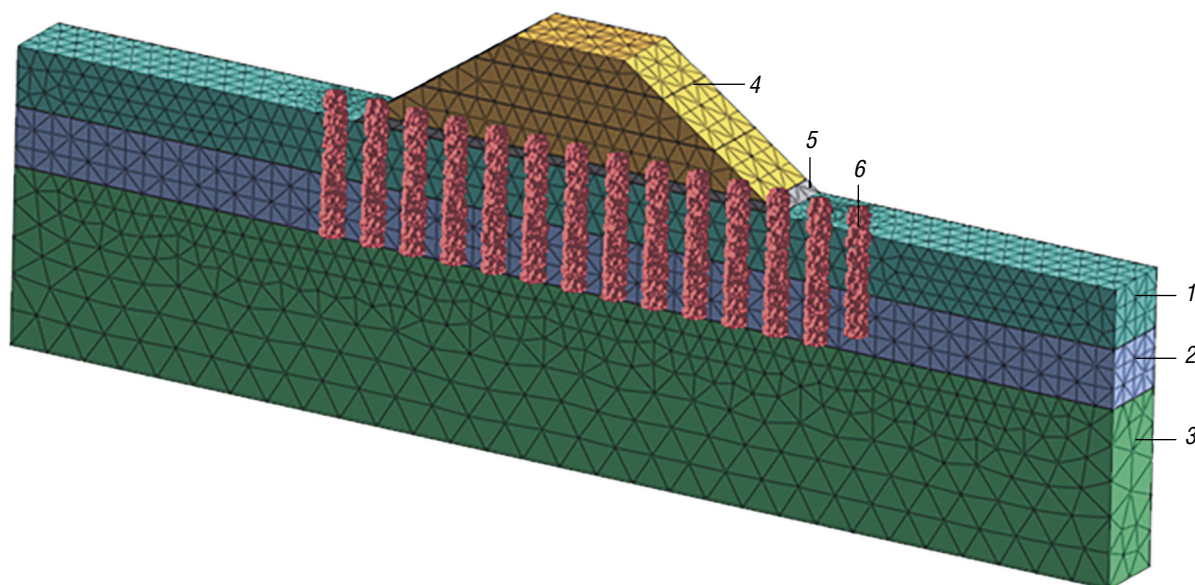


Рис. 3. Общий вид расчетной схемы исследуемого объекта на грунтовом основании, усиленном вертикальными столбами из щебня (смоделировано в программном комплексе Midas GTS NX): 1 — суглинок мягкопластичный (при оттаивании текучий); 2 — суглинок текучепластичный; 3 — супесь мерзлая; 4 — песок средней крупности (материал насыпи); 5 — щебеночная подушка; 6 — вертикальные столбы из гранитного щебня фракции 20–40 мм



Рис. 4. Геоячейки «ПРУДОН-494» в конструкции основания железнодорожных путей

и сооружений. Такие конструкции увеличивают несущую способность и дренирование грунтов под дорожным полотном, обеспечивают устойчивость и снижение деформаций основания и передачу нагрузок на более прочные слои. На рис. 3 показан вид расчетной схемы исследуемого объекта на грунтовом основании, усиленном вертикальными столбами из щебня, смоделированном в программном комплексе Midas GTS NX [1].

Устройство вертикальных столбов включает следующие технологические операции: подготовку поверхности основания (без удаления растительного грунта), разбивочные работы, отсыпку рабочей платформы из песка (в случае необходимости), погружение виброколонны

заданного диаметра и на заданную глубину, заполнение скважин строительными смесями, их уплотнение. Геоячейки «ПРУДОН-494» рекомендуется применять в качестве гибкого ростверка для равномерного распределения нагрузок на вертикальные столбы из щебня.

Применение технологии объемного армирования грунтов геоячейками «ПРУДОН-494» в конструкции гибкого ростверка при усилении нижней части проектируемого земляного полотна позволяет уменьшить осадки земляного полотна объектов инфраструктуры железнодорожного пути как при реконструкции эксплуатируемого пути, так и для вновь устраиваемого (рис. 4) [5, 6]. **ИТ**

Список литературы

1. Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути: XVII Международная научно-техническая конференция (г. Москва, 29 октября, 19 и 26 ноября 2020 г.): чтения посвященные памяти профессора Г. М. Шахуняца: труды / РЖД, РУТ (МИИТ). М. : Перо, 2021. 172 с.
2. СТО 07859300-004-2013. Рекомендации по технологии армирования геоячейками «ПРУДОН-494» земляного полотна железных дорог. ОАО «494 УНР», МИИТ. Москва, 2013. 68 с.
3. Лабораторные испытания на прочность пластиковых геоячеек «ПРУДОН-494», применяемых при укреплении поверхностей откосов земляного полотна железных дорог: отчет о НИР / Федеральное агентство железнодорожного транспорта, МИИТ. М., 2006. 20 с.
4. Стандартные проектные решения и технология усиления подбалластного слоя объемными геоячейками «ПРУДОН-494» / Октябрьская железная дорога, служба пути, ПГУПС. СПб., 2001. 21 с. URL: <http://www.prudon.ru/stand.html>.
5. Применение пластиковых геоячеек «ПРУДОН-494» в железнодорожном строительстве: доклад УНР-494 / Институт пути строительства и сооружений Московского государственного университета путей сообщения МГУПС (МИИТ). Москва, 1–2 апреля 2015 г.
6. Zaytsev A., Bubnovsky V. Three-dimensional plastic geocells «PRUDON-494» in the construction of railroad // Proceedings of 10th International Conference on Geosynthetics (10ICG), 21 to 25 sept. 2014, Berlin. 8 p.

References

1. Contemporary challenges of railway track design, construction and operation: XVII International Science and Technology Conference (Moscow, October 29, November 19 and 26, 2020) : readings dedicated to the memory of Professor G. M. Shakhunyants: proceedings / Russian Railways, RUT (MIIT). Moscow: Pero, 2021. 172 p.
2. STO 07859300-004-2013. Recommendations on the technology of reinforcement with “PRUDON-494” geocells of the railway roadbed. JSC “494 UNR”, MIIT. Moscow, 2013. 68 p.
3. Laboratory tests for durability of plastic geocells “PRUDON-494”, used to strengthen the surfaces of railway roadbed: research report / Federal Agency for Railway Transport, MIIT. M., 2006. 20 p.
4. Standard design solutions and technology of reinforcement of the subcellular layer with volumetric geocells “PRUDON-494” / Oktyabrskaya railway, railway track maintenance department, PSUR. SPb., 2001. 21 p. URL: <http://www.prudon.ru/stand.html>
5. Application of plastic geocells “PROUDHON-494” in railway construction: report UNR-494: / Institute for construction of the track and structures of the Russian University of Transport (MIIT). Moscow, April 1–2, 2015
6. Zaytsev A., Bubnovsky V. Three-dimensional plastic geocells «PRUDON-494» in the construction of railways // Proceedings of 10th International Conference on Geosynthetics (10ICG), 21 to 25 sept. 2014, Berlin. 8 p.